

ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ГОРЯЧЕЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКЕ МЕДНОЙ ЗАГОТОВКИ

Постыляков А. Ю.*

*Логинов Ю. Н., д.т.н., профессор***

Инатович Ю. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина»

г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

lichteman@gmail.com*, unl@mtf.ustu.ru**

Современное производство медной катанки осуществляется с использованием совмещенных процессов непрерывного литья-прокатки, одним из известных представителей которых является процесс CONTIROD. Изготовление катанки в рамках данной технологии состоит в получении литой заготовки на разливочной машине HAZELLET, её последующей горячей прокатке на непрерывном 14-ти клетьевом сортовом стане MANNESMAN DEMAG SACK, осветлении, нанесении консервационного воскового покрытия и формировании бухт [1].

Одним из ключевых элементов проектирования технологического процесса является установление оптимальной калибровки валков прокатного стана, осуществляемое на основе характеристик формоизменения металла. Нахождение характеристик формоизменения возможно как теоретическим (посредством расчета по формулам), так и опытным (посредством замера темплетов) путем. В данной работе проведен сравнительный анализ результатов определения коэффициента уширения, полученного по обоим способам, с целью адаптации формул, изложенных в работе [2] и дающих большую сходимость с опытными данными при прокатке стали, к прокатке меди в процессе CONTIROD.

Теоретический расчет формоизменения выполнен по калибровке валков, приведенной в табл.1. При этом для исключения накопления ошибки, определение коэффициента уширения в каждом проходе производилось по опытным размерам раската, также приведенным в табл.1.

Изменение температуры металла по проходам прокатки рассчитывали по формуле, полученной на основе аппроксимации опытных данных:

$$t_i = 0,982 \cdot t_0 \cdot i^{-0,145},$$

где t_0 – начальная температура непрерывно-литой заготовки ($t_0 = 950$ °C);
 i – номер прохода.

Показатель трения в законе Прандтля-Зибеля определяли по следующим аппроксимирующим формулам в зависимости от температуры раската и системы калибров:

ящичные калибры, квадрат – овал

$$\psi = 0,471 \cdot (t_i/1000)^{-1,474};$$

овал – круг

$$\psi = 0,567 \cdot (t_i/1000)^{-1,112}.$$

Таблица 1

Группа клетей	Номер клетей	Форма калибра	Размеры калибра				Размеры раската	
			Диаметр валков, мм	Ширина вреза, мм	Глубина вреза, мм	Зазор, мм	Высота, мм	Ширина, мм
Заготовка							69,2	120,6
Черновая	1	Ящичный	458	140	20,5	5	46,8	130,5
	2	Ящичный	428	66	30	10	53,9	70,8
	3	Овал	435	100	12,1	5	30,2	81,7
	4	Круг	464	43,88	18	4	35,8	40,3
Промежуточная	5	Овал	323	59,2	9,175	3,5	22,2	43,7
	6	Круг	323	29,5	12,5	3	25	28,4
	7	Овал	323	44,52	5,645	3	14,7	32
	8	Круг	323	20,48	8,56	2,5	17	19,8
	9	Овал	185,25	27,98	4,4	2,5	11,8	21
	10	Круг	185,25	14,76	6,11	2	13,2	14
	11	Овал	185,25	21,5	2,89	2	8,2	15,1
	12	Круг	185,25	9,49	4,4	1,5	9,5	10,4
Чистовая	13	Овал	178,21	13,95	2,48	1,44	7,0	12,2
	14	Круг	185,36	8,01	3,45	1,2	8,2	8,2

Для каждого прохода был вычислен поправочный коэффициент по формуле

$$m_i = \frac{\beta_{оп(i)} - 1}{\beta_{рас(i)} - 1},$$

где $\beta_{оп(i)}$ и $\beta_{рас(i)}$ – опытное и теоретическое значение коэффициента уширения в i -ом проходе соответственно.

При этом средние значения поправочного коэффициента m_s в зависимости от системы калибров составили: ящичные калибры $m_{ящ} = 1,269$; овал $m_{ов} = 0,848$; круг $m_{кр} = 0,779$.

Уточненный коэффициент уширения определяли по формуле:

$$\beta_i' = m_s \cdot (\beta_{рас(i)} - 1) + 1.$$

Результаты расчета формоизменения металла приведены в табл.2, а также отражены на рис.1 в форме графика.

Таблица 2

Группа клетей	Номер клетей	Форма калибра	Опытные коэффициенты деформации			Расчетный коэффициент уширения	m	Уточненный коэффициент уширения
			обжатия	уширения	вытяжки			
Черновая	1	Ящичный	1,479	1,082	1,415	1,049	1,69	1,062
	2	Ящичный	1,843	1,152	1,582	1,179	0,848	1,227
	3	Овал	1,785	1,154	1,711	1,175	0,878	1,149
	4	Круг	2,027	1,185	1,782	1,178	1,042	1,139
Промежуточная	5	Овал	1,613	1,084	1,501	1,109	0,777	1,092
	6	Круг	1,539	1,126	1,383	1,152	0,829	1,119
	7	Овал	1,701	1,127	1,404	1,169	0,751	1,143
	8	Круг	1,616	1,156	1,467	1,192	0,816	1,149
	9	Овал	1,441	1,061	1,319	1,089	0,684	1,075
	10	Круг	1,5	1,119	1,376	1,209	0,568	1,163
	11	Овал	1,61	1,079	1,402	1,177	0,445	1,15
	12	Круг	1,452	1,159	1,349	1,229	0,692	1,179
Чистовая	13	Овал	1,357	1,173	1,221	1,111	1,55	1,094
	14	Круг	1,488	1,171	1,283	1,235	0,73	1,183

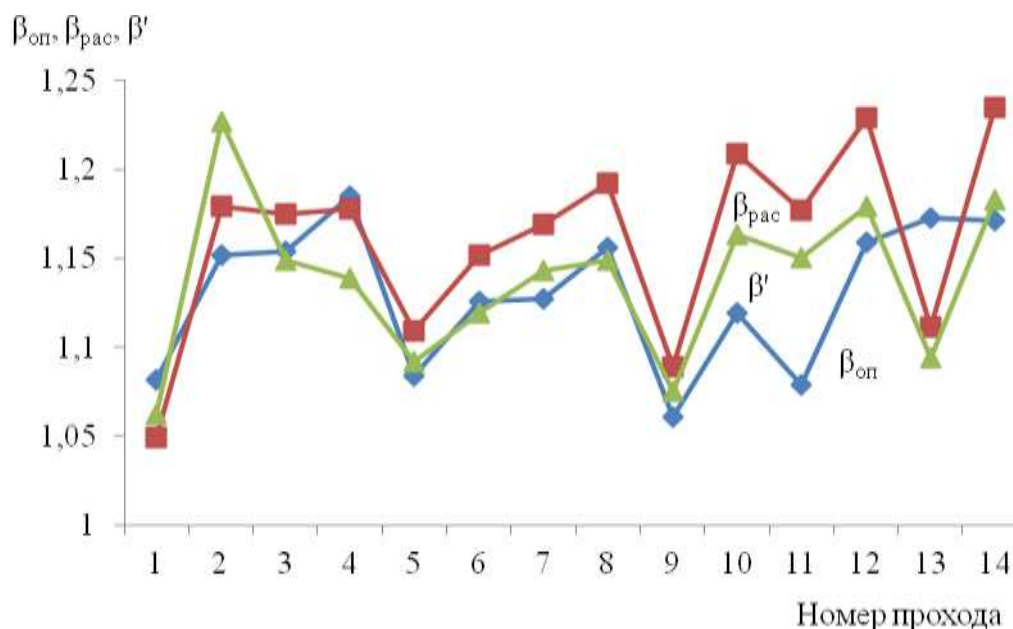


Рис.1. Распределение опытного, расчетного и уточненного коэффициента уширения по проходам прокатки

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что использование поправочного коэффициента позволяет повысить точность расчета уширения при сортовой прокатке меди в том случае, если опытный и расчетный коэффициенты уширения имеют одинаковую тенденцию

распределения (например, 9 – 12 проходы). Наоборот, при противоположном характере их распределения наблюдается еще большее отклонение уточненного коэффициента уширения от опытного и расчетного (например, 2 – 4 и 12 – 14 проходы).

Объяснить данное явление представляется возможным с нескольких позиций. В работах [3 – 5] было показано влияние текстуры непрерывно-литой заготовки на развитие процесса пластического течения. Тем самым различие опытного и расчетного коэффициента в первых проходах можно связать с наличием литой структуры в заготовке и её разрушением при деформации.

Поскольку заготовка в исследуемом процессе подвергается горячей деформации, очевидно, при расчетах требуется, в том числе учесть явление рекристаллизации, а именно степень разупрочнения металла между проходами прокатки, так как расчетные формулы для прокатки стальных заготовок были получены в предположении полного разупрочнения при переходе раската из клетки в клеть. Возможный подпор полосы, создаваемый петлевыми компенсаторами, также способен оказывать влияние на уширение.

Таким образом, адаптация существующих расчетных формул для случая прокатки меди требует учета влияния всех перечисленных факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шварце М. Оборудование CONTIROD для производства медной катанки: наивысшее качество при минимальных затратах // Цветные металлы. 2005. № 4. С. 95–100.
2. Смирнов В. К., Шилов В. А., Инарович Ю. В. Калибровка прокатных валков. – М. : Теплотехник, 2010. – 490 с.
3. Логинов Ю. Н., Мысик Р. К., Титов А. В., Романов В. А. Влияние направления кристаллизации на анизотропию пластического течения непрерывно-литой меди // Литейщик России. 2008. № 10. С.36–38.
4. Логинов Ю. Н., Мысик Р. К., Смирнов С. Л., Брусницын С. В., Сулицин А. В., Груздева И. А. Анизотропия механических свойств дендритной структуры непрерывно-литой кислородосодержащей меди // Процессы литья. 2009. № 3. С.50–58.
5. Логинов Ю. Н., Зуев А. Ю. Формоизменение и сопротивление деформации анизотропной непрерывно-литой меди // Прокатно-волочильное производство. 2011. № 1. С.32–37.